

Caracterización de la Piedra de Valverde (Portugal) para su uso en la construcción

M. Louis¹, Y. Spairani¹, R. Prado¹, M^a. A. García del Cura², D. Benavente³, J. A. Huesca¹.

¹Universidad de Alicante, Departamento de Construcciones Arquitectónicas.

miguel.louis@ua.es. ²IGEO. CSIC-UCM. Laboratorio de Petrología Aplicada. Unidad Asociada UA-CSIC. ³Universidad de Alicante, Departamento de Ciencias de la Tierra.

RESUMEN

El trabajo expone los resultados de la caracterización por análisis instrumental, de un pétreo natural que se comercializa como piedra de Valverde (Portugal). Entre otras características, se han estudiado las propiedades físicas de absorción de agua, porosidad y densidad.

Además, las muestras se han estudiado mediante microscopía petrográfica y electrónica para determinar su mineralogía; por ultrasonidos y por porosimetría de mercurio. Por último, con el fin de comprobar su comportamiento en ambiente marino, se ha realizado el ensayo de cristalización de sales.

Con todos los resultados obtenidos, se llega a la conclusión de cuáles pueden ser sus aplicaciones más apropiadas para su uso en la construcción.

palabras clave: Caracterización, piedra Valverde, construcción.

Eje temático: M 8- Patologías- Diagnóstico- Ciclo de vida útil

ABSTRACT

The work exposes the characterization for instrumental analysis, of a natural stone that is commercialized by names Valverde stone (Portugal). Between other characteristics, there have been studied the physical properties of water absorption, porosity and density. In addition, the samples have been studied by means of petrographic and electronic microscopy to determine his mineralogy, for ultrasounds and for porosimetry of mercury. Finally, in order to verify his behavior in marine environment, the test of crystallization has been realized of you go out.

With all the obtained results, it comes near to the conclusion of which they can be his applications more adapted for his use in the construction.

Key words: Characterization, Valverde Stone, Construction.

1. INTRODUCCIÓN

El equipo que ha realizado los trabajos es el grupo de investigación en restauración arquitectónica (GIRA) que está compuesto por profesores del Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la Universidad de Alicante, del C.S.I.C. y otros colaboradores externos.

En la Universidad de Alicante se han realizado estudios similares (1 y 2) utilizando material del Laboratorio de Petrología Aplicada de la Facultad de Ciencias y del Laboratorio de Materiales de la Escuela Politécnica Superior para el análisis de las muestras mediante los sistemas de observación que se relacionan en el apartado siguiente de resultados.

La empresa Cyes suministró tres muestras de piedra azul Valverde, que explota la empresa Sopedreiras da Mendiga-Exploracao de Pedreiras, Lda de El Algarve (Portugal) cuya colocación estaba prevista en la obra de mejora de márgenes y desembocadura del barranco de la Albufereta (Alicante).

El presente estudio busca reconocer las características del material y su posible comportamiento en el medio ambiente marino donde se pretendía colocar. Las características exigidas en proyecto y los resultados de otros ensayos son:

| | <u>Proyecto</u> | <u>Consulteco</u> | <u>ITC</u> |
|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------|
| Coeficiente de absorción | 0,30% | 1,05% | 0,7% |
| Porosidad | 0,80% | 2,7% | 2,1% |
| Peso específico | 2,66 gr/cc | 2,568 gr/cc | 2,621 gr/cc |

Se complementan aquí estos datos con otra serie de ensayos realizados en el laboratorio a las muestras aportadas.

Según el protocolo que figura en el cuadro adjunto, primero se ha caracterizado el pétreo mediante microscopio petrográfico, microscopio electrónico de barrido, colorímetro, difracción de rayos X y porosímetro de mercurio. Ello nos permite compararlo con otros pétreos de los que se conocen los datos (3).

Dado que se conoce su densidad y absorción al agua, se ha calculado su resistencia a compresión mediante el ensayo de ultrasonidos, que es sencillo y relaciona todas estas propiedades.

2.- PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1.- PROPIEDADES FÍSICAS

Se ha trabajado con tres probetas rectangulares obteniéndose los siguientes valores medios:

Pinicial = 2264,0 gr.

Pseco = 2260,0 gr.

Psaturada = 2275,3 gr.

Vap = 850,5 cc.

Dap = Ps/Vap = 2,66 gr/cc.

Pi-Ps = Agua = 4 gr. (0,17%)

Huecos Abiertos: ha = Psat-Ps= 15,33 cc.

Pa = ha/Vapx100 = 1,79%

$$A_{\text{Agua}} = \frac{P_{\text{sat}} - P_{\text{s}}}{P_{\text{s}}} \times 100 = 0,68\%$$

Estos resultados son muy similares a los obtenidos por ITC, incluso ligeramente mejores, pero solo la densidad alcanza lo exigido en proyecto, más acorde con un granito o un mármol de gran compacidad.

En este caso se trata de un pétreo de composición caliza (en la caracterización se comprueba si es o no un mármol de acuerdo a la norma UNE 22-180/85) por lo que su densidad es perfectamente normal.

En cuanto a la porosidad accesible es bastante baja, al igual que la absorción al agua, pero debemos saber si los poros están intercomunicados y la porosidad cerrada o atrapada, la más problemática en la retención de agua y en la cristalización de sales.

2.2.- ULTRASONIDOS

Se ha empleado el aparato de ultrasonidos “Ultrasonic tester E-46” siguiendo la metodología descrita por Facioaru & Lugnani en 1993 (4). La velocidad sónica nos determina la densidad de materiales, relacionada con la resistencia mecánica, las oquedades y las discontinuidades provocadas por grietas.

Para su interpretación se ha tenido en cuenta que los valores altos de dicha velocidad determinan una mayor densidad y compacidad del material, mientras que los bajos definen más porosidad o discontinuidades como grietas pasantes. Se deben comparar los valores obtenidos con otros tipificados como pueden ser los de 1500 m/seg en fábricas de mampostería, los 2000 m/seg en areniscas y 3000 m/seg en calizas, o los 5000 m/seg en mármoles. En este caso se han obtenido los siguientes resultados en m/seg.:

| | Muestra 1 | Muestra 2 | Muestra 3 |
|--------------|-----------|-----------|-----------|
| longitudinal | 3597,1 | 2994,0 | 3165,6 |
| transversal | 3703,7 | 3703,7 | 3626,9 |

Lo que indica valores medios de 3465 m/seg., similares a los de una roca caliza compacta, en consonancia con los datos obtenidos en los ensayos físicos. Hay que destacar la homogeneidad de resultados en la dirección transversal frente a la desviación de 600 m/seg. En la longitudinal, lo que indica la presencia de discontinuidades como pueden ser los estilolitos.

Estas velocidades están directamente relacionadas con la resistencia mecánica a compresión en una proporción aproximada de 1/250 aunque, según Solís-Carcaño y Moreno, 2008(5) corresponden a hormigones/morteros con una resistencia a compresión en torno a 10 M.Pa (o 100Kg/cm²) (entre 10-20 M.Pa).

2.3.- OBSERVACIÓN AL MICROSCOPIO PETROGRÁFICO

Se ha utilizado el microscopio petrográfico para observar una lámina delgada del material para la identificación de la mineralogía y sistema poroso de los materiales.

La piedra de Valverde es una caliza fosilífera algo dolomítica con sílex (calcedonia) y opacos (sulfuros de hierro), ambos componentes mineralógicos muy perniciosos.

También presenta estilolitos abiertos, elemento estructural poco beneficioso al ser puntos de fractura.

Anteriormente la roca era una caliza dolomítica fosilífera (actualmente está muy dedolomitizada y solo quedan, en la muestra estudiada, pequeños restos de dolomía) pero muchos cristales de calcita son pseudo mórficos de dolomía como puede observarse en las fotografías del MOP (microscopio óptico de polarización). En este tipo de rocas es posible que en otros niveles de la explotación la roca sea más dolomítica.

Por tanto no tiene textura primaria observable, estando constituida por fósiles y cristales de calcita (Seudoesparita, ya que son cristales secundarios de recristalización o cambio químico) Los restos fósiles mas abundantes son fragmentos de conchas de moluscos bivalvos, que suelen presentar aún la estructura interna de la concha (cristales fibrosos). También se observa algún macroforaminífero (observable incluso en la muestra de mano y en las fotografías).

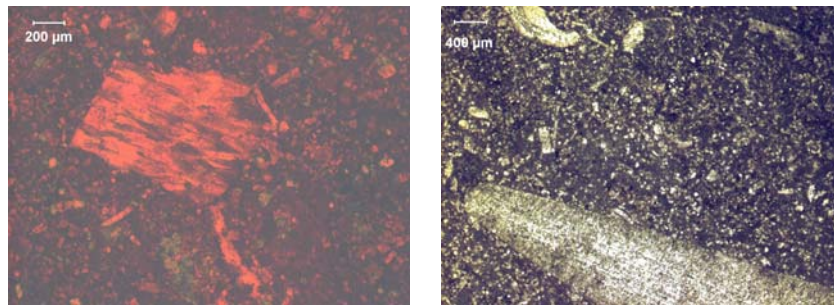


Fig. 1. Vistas de los fósiles presentes en la estructura del pétreo.

2.4.- OBSERVACIÓN AL M.E.B.

Permite observar su aspecto superficial, su estructura y analizar minerales mediante EDAX. La piedra analizada está constituida básicamente por calcita como mineral principal, aunque también contiene fluorita, cuarzo y dolomita como minerales secundarios.

En cuanto a impurezas se detecta que está llena de pirita, sulfuro de hierro muy alterable con aumento de volumen, produciendo fisuras y descamaciones.

En su estructura tiene abundantes estilolitos abiertos, tal y como se ha visto en el MOP, lo que favorece su alterabilidad. Son zonas de fractura causadas en el proceso metamórfico que suelen recementarse pero no ha ocurrido en este caso, probablemente por ser de neoformación.

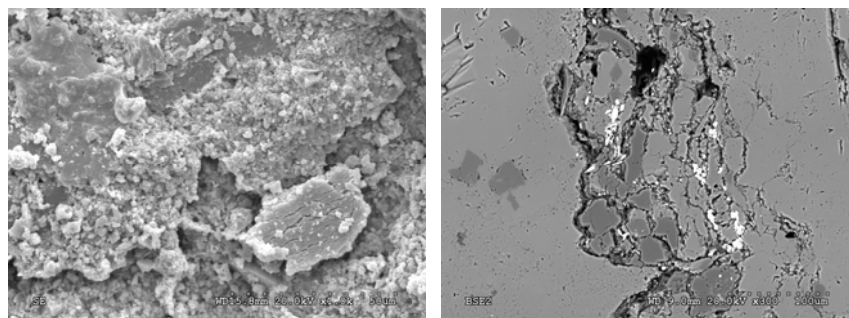


Fig. 2. Descamación cuya causa puede ser la presencia de piritas Fig. Presencia de un estilolito abierto.

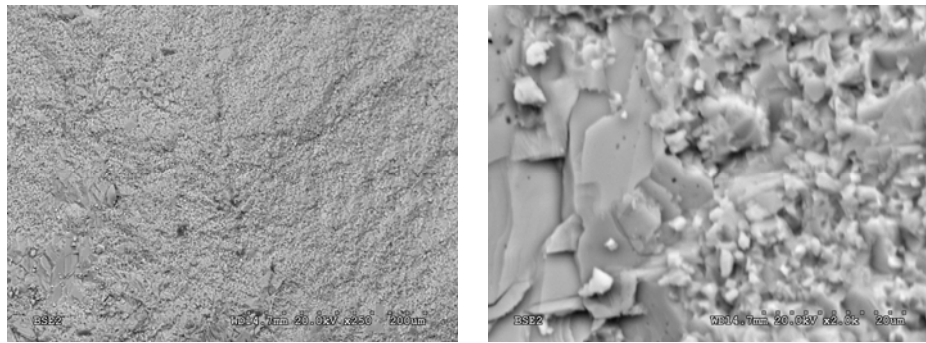


Fig. 3. Aspecto de la superficie del pétreo.

2.5.- POROSIMETRÍA DE MERCURIO

El principio del porosímetro de mercurio se basa en la alta tensión superficial del mercurio ($\gamma = 474 \text{ N/m}$), y su gran ángulo de contacto con los pétreos (130°) por lo que no penetra en los poros más que por efecto de la presión de inyección, pudiendo calcularse el radio de los poros según la presión aplicada.

En este caso los resultados obtenidos se exponen en la gráfica y en porcentajes del diámetro de los poros.

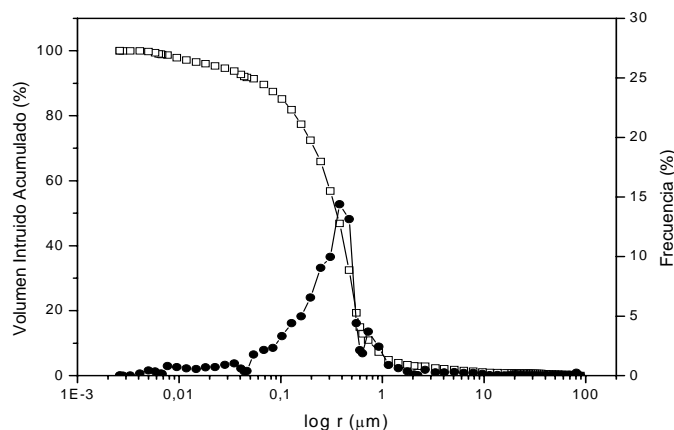


Fig. 4. Diagrama de la distribución del rango de los poros.

| Radio de los poros | <u>R(μm)</u> | <u>%</u> |
|--------------------|------------------------------------|---------------|
| | < 0.01 | 2,84 |
| | 0.01 a 0.1 | 12,02 |
| | 0.1 a 1 | 80,33 |
| | 1 a 10 | 3,86 |
| | 10 a 100 | 0,95 |
| | 100 a 200 | 0,00 |
| | | 100,00 |

Es por lo tanto un pétreo de baja porosidad pero el 95,29% de sus poros es inferior a la micra, lo que, en caso de estar conectados, implica una elevada absorción de agua por capilaridad ya que el agua asciende más contra menor sea el radio del poro.

2.6.- DIFRACCIÓN DE RAYOS X.

El resultado del análisis por EDX lo podemos ver en la figura, dando un 100% de componentes carbonáticos, siendo los picos del Fe y del S apenas perceptibles, aunque como se ha dicho, su presencia, en forma de sulfuros, es muy perniciosa.

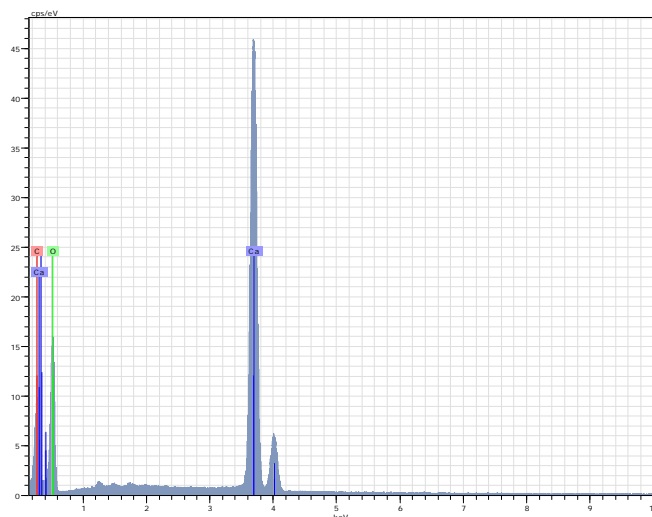


Fig. 5. Diagrama Del análisis por EDX.

Spectrum: valverde.spx

| Element | AN | Series | Net unkn. | C norm. | C Atom. |
|---------|----|----------|-----------|---------|---------|
| | | | [wt.%] | [wt.%] | [at.%] |
| Carbon | 6 | K-series | 45185 | 26.15 | 32.24 |
| Oxygen | 8 | K-series | 82952 | 58.58 | 54.22 |
| Calcium | 20 | K-series | 472816 | 36.63 | 13.54 |
| Total: | | | 121.37 | 100.00 | 100.00 |

2.7. CRISTALIZACIÓN POR SALES.

La norma utilizada para la determinación de la resistencia a las sales es la UNE-EN 12370.

Se han efectuado quince ciclos de inmersión al cabo de los cuales se observa una pérdida de coloración. La pérdida de masa después del test de cristalización es 0.03 ± 0.01 % (ver histograma)

| Muestras | A (cara2/4) | B (cara5/6) | H (cara1/3) | masa inicial | masa final | ΔM (%) |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------------|-------------------|
| Piedra Valverde-1 | 40,13 | 39,50 | 39,79 | 163,20 | 158,30 | -3 |
| Piedra Valverde-2 | 39,39 | 40,26 | 39,60 | 163,03 | 158,14 | -3 |
| Piedra Valverde-3 | 40,33 | 39,71 | 39,77 | 164,56 | 159,60 | -3 |
| Piedra Valverde-4 | 40,23 | 39,13 | 39,32 | 161,01 | 156,14 | -3 |
| Piedra Valverde-5 | 39,24 | 40,25 | 39,44 | 162,67 | 157,79 | -3 |
| Piedra Valverde-6 | 40,23 | 39,51 | 39,66 | 163,75 | 158,82 | -3 |

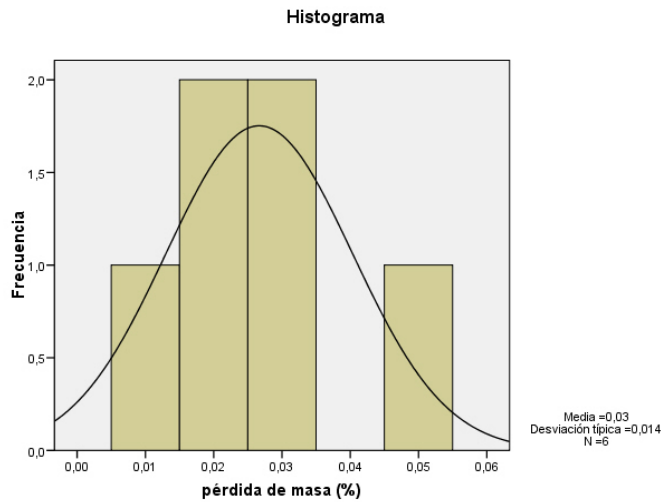


Fig. 5. Histograma de la cristalización por sales.



Fig. 6 Fotografía de las muestras en las que se observa la pérdida de coloración.

3. CONCLUSIONES

Para la elección de un material pétreo en obra se debe tener en cuenta su uso (pavimento, revestimiento,...), si su colocación es en interiores o exteriores y el medio ambiente que le rodeará.

En los cuadros adjuntos se pueden comparar las propiedades de diversos materiales pétreos comerciales en los que, comparando propiedades, podemos elegir el más adecuado.

Dado que en este caso la colocación será en paramentos al exterior importa más su durabilidad que su resistencia mecánica y la primera se verá afectada por los factores que se indican a continuación.

El empleo de la piedra azul de Valverde (Portugal) es totalmente desaconsejable en un frente marino, debido a la presencia de estilolitos abiertos o puntos débiles a la fractura por acción mecánica, a los contenidos de pirita en su composición, que se oxida con aumento de volumen figurando o descamando la superficie.

Su porosidad es reducida pero con un radio de poro muy pequeño (95,29% inferior a la micra) lo que puede ocasionar penetración de agua con sales por capilaridad y cristalización de estas en el interior del pétreo ocasionando fuertes presiones, llegando a pequeñas fracturas y disgregación. Después del ensayo de cristalización se observa, efectivamente, una cierta decoloración y una pérdida de masa del 3%, suficiente para que no deba usarse en ambiente marino.

Se aconseja la colocación de, o bien un material muy poroso en el que circule rápidamente el agua y no se altere por la cristalización de sales, como puede ser una lumaquela, o un material de alta impermeabilidad y sin minerales alterables, como puede ser una caliza muy compacta (gris Pulpis, Sierra Elvira, San Vicente) una pizarra o una cuarcita.

4. AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a la empresa Cyes que ha subvencionado esta investigación mediante un convenio realizado con la Universidad de Alicante.

5. REFERENCIAS

(1) S. Ordoñez & M. Louis, García Del Cura, M.A., R. Fort, M.C. López de Azcona, F. Mingarro. "Physical properties and petrographic characteristics of some variétés de 'Pierre Bateig' Seventh International Congress International Association of Engineering Geology. Lisboa 5-9 Sept. 1994. Ed: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, Lisboa, Balkema, Rotterdam, Brookfield 1994. pp. 3595-3603. ISBN 90-5410-503-8.

(2) M. Louis Cereceda, J. Alonso Pascual, V. Martinez Pastor, J.S. Alcaide Romero (1992). Caractéristiques minéralogiques, pétrophysiques et pétrochimiques du gres naturel de Bateig (Alicante) fréquemment utilisé dans l'architecture espagnole". pp. 1205-1211.

7th International congress on deterioration and conservation of stone. Ed: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, 3 Vol. Lisboa. ISBN 972-49-1483-6.

(3) Louis, M. "Historia, aplicaciones, comportamiento y formas de protección, de las areniscas y calizas utilizadas en la arquitectura alicantina. Ed: Universidad de Alicante". Alicante, febrero 1992, pp. 590. I.S.B.N. 84-7908-048-5.

(4) I. Facaoaru and C. Lugnani (1993). Contributions to the diagnosis of stone and concrete historical structures using non-destructive techniques London; New York: E & FN Spon, Vol. 1, 14 p.

(5) Solís-Carcaño y Moreno (2008). "Evaluation of concrete made with crushed limestone aggregate based on ultrasonic pulse velocity" Construction and Building Materials 22 (2008): 1225-1231).